INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS
COORDENAÇÃO DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS OFFSHORE
Praça XV Novembro, 42, 12º andar - Rio de Janeiro - CEP 20.010-010

Parecer Técnico nº 328/2021-COPROD/CGMAC/DILIC

Número do Processo: 02001.006112/2019-16

Empreendimento:

Interessado: 04.033.958/0001-30

Assunto/Resumo: **Consolidação dos pareceres PT 418/2021 - COPROD/CGMAC/DILIC (SEI 8392959) e 566/2020-COPROD/CGMAC/DILIC (SEI 8923347), sobre Modelagem de Dispersão de Óleo, com as contribuições da Audiência Pública.**

Este parecer tem por finalidade consolidar os pareceres PT 418/2021 - COPROD/CGMAC/DILIC (SEI 8392959) e 566/2020-COPROD/CGMAC/DILIC (SEI 8923347), com as contribuições da Audiência Pública sobre o tema da Modelagem de Dispersão do Óleo e com as respostas aos questionamentos e considerações da ONG Canoa de Tolda.

Os acréscimos a esses pareceres estão sublinhados e em itálico para melhor compreensão dos colegas analistas, que se servirão deste parecer para dar continuidade à Analise de Risco e do PEI, bem como do público em geral. Foram analisados os seguintes relatórios:

(1) EIA_SEAL_Parte_I.pdf (SEI 7758841), que trata da Meteorologia e da Oceanografia;

(2) EIA_SEAL_Parte_IV.pdf (SEI 7758875), que trata da Modelagem Hidrodinâmica Regional (pg. 284 a 398) e Modelagem Hidrodinâmica Estuarina dos Rios São Francisco e Rio Sergipe;

(3) EIA_SEAL_Parte_IV.pdf (SEI 7758875), que trata da Identificação de Impactos;

(4) EIA_SEAL_Parte V.pdf (SEI 7758880), que trata dos Projetos de Controle e do Monitoramento Ambiental;

(5) Anexo E da Carta EMEB 151/2020 PCA (SEI 7759064), arquivo PCA_SEAL_PROT.pdf;

(6) *Análise do anexo da Carta 533/2020 (SEI8695930), em complementações aos questionamentos no 418/2020-COPROD/CGMAC/DILIC (SEI 8392959);*

(7) Carta da ONG Canoa de Tolda sobre questionamentos à modelagem de dispersão de óleo (SEI 10361904);

(8) *Anexo B 380 2021 Ofício ONG Canoa de Tolda (SEI 10518989) da Carta EMEB 279-2021 Resposta Oficio 380 (SEI 10518966), em resposta à carta* **(7)**;

(9) *Anexo (SEI10676449) da Carta EMEB 307-2021 Resposta Oficio 380 (SEI 10676448), em complemento à resposta à carta* **(7)**.

I. Algumas Informações sobre a atividade

A atividade de perfuração a ser realizada pela ExxonMobil de até 11 poços exploratórios nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, na bacia de Sergipe-Alagoas, em lâminas d'água entre 1.900 m e 3.800 m, sendo dois poços firmes. Além disso, considerou-se a opção da companhia de realizar testes de poços de curta duração (*Drill Stem Test* - DST), dependendo dos resultados iniciais de um poço de exploração individual. Fonte: pg. 107 do Capítulo de II.11.2 Projeto Ambiental Complementar para o Meio Biótico, do documento **(4)**.

A proposta é iniciar a perfuração do primeiro poço em março de 2021 e o segundo no segundo trimestre de 2021, com duração de aproximadamente três meses cada, com a mobilização do navio-sonda, as operações de perfuração, os testes de poço e as atividades de tamponamento e de abandono. Mas não foram divulgados quais são os dois poços firmes a serem perfurados, nem no Capítulo de Modelagem nem no de Programa de Comunicação Social.

As tabelas com a localização dos poços estão descritos Tabela II.11.1.1 - 1 do Projeto de Monitoramento Ambiental – PMA. Fonte: páginas 2 e 3 do documento **(4)**.

É possível verificar pela Figura II.11.1.1 – 1 a localização espacial desses poços. Os mais próximos à costa, em linha reta até a Foz do Rio São Francisco, são: Ceres-1 (67 Km), Chinook-2 (89 Km) e Cutthroat-2 (96 Km). Os demais poços são: Chinook-3 (93 Km), Chinook-1 (102 Km), Cutthroat-1 (106 Km), Masu-3 (110 Km), Char-2 (120 Km), Char-1 (125 Km), Masu-2 (127 Km) e Masu-1 (135 Km). Os mais profundos são: Char-1 (3.684 m de LDA), Masu-1 (3.664 m), Char-2 (3.532 m) e Masu-2 (3.520 m). As localizações dos 11 poços estão representados na Figura Alfa 1, em forma de cruz.
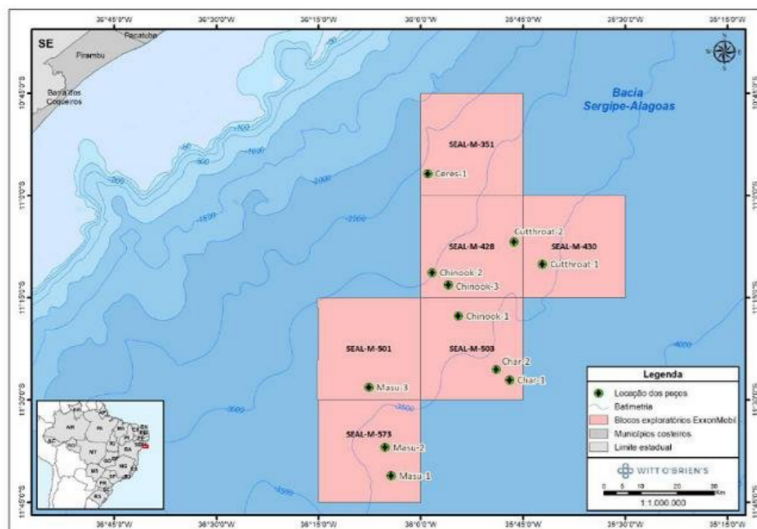
Figura II.11.2 - 1: Localização dos poços previstos nos blocos SEAL-M-351, SEAL-M-428, SEAL-M-430, SEAL-M-501, SEAL-M-503 e SEAL-M-573, bacia de Sergipe e Alagoas (Fonte: Witt O'Brien's).

Figura Alfa 1: No mapa acima estão indicadas as localizações dos 11 poços (forma de cruz).

O EIA informa que as simulações foram realizadas para um ponto de risco (poço mais próximo à costa), localizado no bloco SEAL-M-351, em lâmina d'água de 2.702 m, utilizando-se um óleo cru de

36,2° API. Fonte: página 142, item (C), que trata de áreas com recursos biológicos relevantes sujeitas aos impactos decorrentes de vazamento de óleo do Capítulo II.4.2 - Avaliação dos Critérios para Definição da Área de Estudo, do documento **(1)**.

Os resultados das simulações indicam que o ponto de lançamento foi no Poço Ceres-1, que está a 2.389m de profundidade. Fonte: documento **(1)**. Porém, o IBAMA solicitou, no PT 418/2020-COPROD/CGMAC/DILIC (SEI 8392959), esclarecimentos sobre a que poço a modelagem está se referindo, já que não há nenhum poço a 2.702m de LDA. **Não** estava claro por que não foram feitas simulações em outros poços. O empreendedor esclareceu que o poço Ceres-1 é o mais próximo à costa e o de menor LDA **(6)**. Por isso, a escolha desse poço pode ser considerada conservadora, já que há maior probabilidade de atingir a costa e, também, há maior chance de atingir uma unidade de conservação, como a APA de Piaçabuçu. Além disso, foi apresentado um cronograma de atividades, que prevê a perfuração desse poço, com início em maio de 2021 (SEI 8695915). E, caso não se torne viável, darão continuidade ao plano de perfuração de outros poços contingenciais.

A profundidade de 2.702 m foi inserida incorretamente e corrigida para 2.680m, porque foi obtida a partir da base de dados global ETOPO1. Porém, devido aos resultados da campanha de sísmica 3D e do multibeam realizadas pela ExxonMobil, a profundidade foi atualizada para 2.386m. **(6)**

Para mostrar que não é esperada alteração significativa entre os resultados probabilísticos de probabilidade e de tempo mínimo com a diferença de 294 m de profundidade a mais entre o valor considerado no estudo de modelagem e o valor avaliado pela campanha de sísmica, o empreendedor apresentou a distribuição do tamanho de gotículas para as condições de vazamento de fundo nas profundidades de 2.680 m e 2.386 m. A curva de distribuição não indicou diferença significativa e o tempo estimado para que as gotículas que escapem a 2.386m atingem a profundidade de 2.680m foi de 2h, o que poderia haver uma redução de 2h na chegada à superfície e à costa. **(6)**

O bloco em estudo está localizado em uma região onde a circulação oceânica apresenta marcante variação sazonal devido à variação latitudinal da bifurcação da Corrente Sul Equatorial (CSE-ramo sul), dando origem a Corrente do Brasil (CB), que flui para a direção sudoeste e a Subcorrente Norte do Brasil (SCNB), fluindo para norte e noroeste. A caracterização mais detalhada das correntes está descrita no Capítulo de Oceanografia.

Por conta do regime preponderante de Correntes e de ventos bem definidos ao longo do ano, o empreendedor definiu dois períodos para simulação: **Período 1** (compreende os meses de novembro a abril,) e **Período 2** (corresponde aos meses de maio a outubro). Há predominância de ventos provenientes de ESE e E no Período 1, e de ESE e SE no Período 2.

Provavelmente houve um engano ao escrever: “Tal diferença ocorre pela variação latitudinal da região de bifurcação da Corrente Sul Equatorial que, ao se posicionar mais ao norte no Período 1, faz com que a região de vazamento fique sob influência da Corrente do Brasil (CB), **e ao migrar para o sul** no Período 2, deixa a região sob influência da Subcorrente Norte do Brasil (SCNB).” Talvez o correto fosse ter escrito: “(...) sob influência da Corrente do Brasil (CB), **ao migrar para o sul, e** no Período 2, (...)”. Fonte: pg. 127 do documento **(3)**.

O empreendedor esclareceu que os blocos da ExxonMobil estão em uma região sob a influência da bifurcação da Corrente Sul Equatorial (CSE-ramo sul), a qual origina a Corrente do Brasil (CB), que flui para a direção sudoeste e se une ao fluxo da Subcorrente Norte do Brasil (SCNB), fluindo para norte e noroeste (STRAMMA e ENGLAND, 1999; RODRIGUES et al., 2007). A bifurcação da CSE ocorre entre 10° S e 20° S e apresenta um forte sinal sazonal atingindo sua posição mais ao sul durante o outono/inverno austral e a posição mais ao norte na primavera/verão (RODRIGUES et al., 2007, SOUTELINO, 2008), conforme figura abaixo.
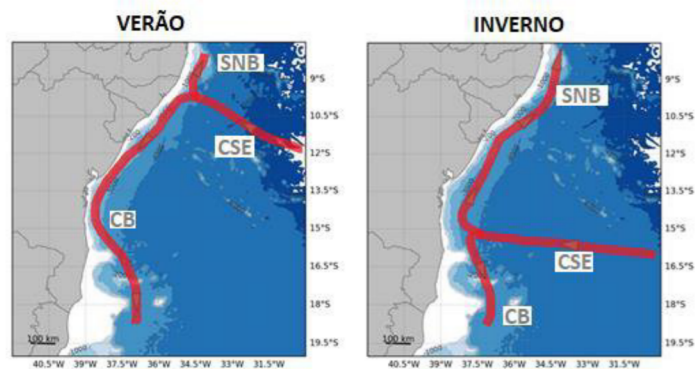
Figura Alfa 2: Variação sazonal do esquema de bifurcação da Corrente Sul Equatorial (CSE) e os fluxos da Corrente do Brasil (CB) e
Subcorrente Norte do Brasil (SNB). No verão a bifurcação está localizada mais ao norte, enquanto no inverno a bifurcação está mais ao sul.

Essa "migração" da corrente ocorre exatamente por causa da sazonalidade. Durante o verão austral (Período 1), enquanto a bifurcação ocorre em latitudes mais baixas, o fluxo em superfície é principalmente para o sul. Durante o inverno, quando a bifurcação da CSE atinge sua posição mais ao sul, o fluxo de corrente principal é orientado para o norte (Período 2).

Para realizar a simulação, é necessário conhecer as características do óleo e o diagnóstico ambiental da região: padrão de circulação de ventos, temperatura do ar e do oceano, correntes marítimas e outros.

II. Análise

II.1. Meteorologia

Com relação à caracterização meteorológica da região da Bacia de Sergipe-Alagoas, foram utilizadas os dados das seguintes fontes: pg. 252 e 253 do documento **(1)**.

- Médias climatológicas mensais relacionadas ao período de 1961 a 1990, temperatura, precipitação, evaporação, umidade relativa, pressão atmosférica e insolação, obtidas no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) nas estações de Aracaju (SE) e Maceió (AL);
- Dados horários da temperatura do ar, precipitação, pressão atmosférica, umidade relativa e ventos na estação automática INMET de Maceió (AL) e Aracaju (SE) para o período de 2009 a 2015;
- Dados horários de ventos, temperatura do ar, precipitação, pressão atmosférica e umidade relativa da reanálise ERA5 do ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts), para o período de 1979 a 2019, compreendendo 41 anos;
- Dados bibliográficos existentes para a região.

II.2. Oceanografia

Com relação à caracterização oceanográfica da região da Bacia de Sergipe-Alagoas, foram utilizadas os dados das seguintes fontes:

- Dados de temperatura e salinidade da água disponíveis nos bancos de dados do *National Oceanographic Data Center* (NODC), WOA13 (*World Ocean Atlas*) e WOD13 (*World Ocean Data*);
- Dados de temperatura e salinidade medidos por *gliders* oceânicos das Campanhas de

Monitoramento Oceânico da ExxonMobil na Bacia de SEAL;

- Dados da temperatura da superfície do mar (TSM) obtidos do produto derivado de satélite JPL/MUR;
- Dados do produto de reanálise oceânica global Mercator, disponível no Serviço de Monitoramento do Ambiente Marinho Copernicus (CMEMS);
- Resultados da modelagem hidrodinâmica desenvolvida para a Bacia de SEAL com o sistema de modelagem ROMS (*Regional Ocean Modeling System*);
- Correntes medidas por derivadores com drogue do *Global Drifter Program* (GDP);
- Correntes medidas por derivadores com e sem drogue das Campanhas de Monitoramento Oceânico da ExxonMobil na Bacia de SEAL;
- 41 anos de dados de ondas obtidos da reanálise ERA5 do Centro Europeu de Previsões Meteorológicas em Médio Prazo (ECMWF);
- Dados do modelo global de marés TPX08 que contém a fase e a amplitude dos principais constituintes das marés; e
- Referências bibliográficas sobre oceanografia local e regional.

O Empreendedor ainda entregou o Relatório do Projeto de Caracterização Ambiental – PCA, que consiste no levantamento de dados primários antes do início das atividades de perfuração, o que permite definir os valores de referência (background) para variáveis físico-químicas (parâmetros físicos, orgânicos e inorgânicos) e biológicas (meio e macrofauna bentônica; fito, zoo e ictioplâncton) do ambiente marinho estudado, nas matrizes sedimento e água. Fonte: documento **(5)**.

A análise desse estudo para esse parecer permite verificar, principalmente, se os dados de temperatura, salinidade e densidade estão coerentes com os dados do item de Mesoescala, do capítulo de Meteorologia e Oceanografia.

Os limites de profundidade de cada massa d'água foram ratificados em campo, através da análise dos perfis de temperatura e salinidade obtidos in situ e comparação dos mesmos com estudos pretéritos na região (CASTRO, MIRANDA, 1998). Em cada estação foi realizada perfilagem da coluna d'água, da superfície até próximo ao fundo cerca de 2.300 m, através de um CTD (Conductivity, Temperature, and Depth), onde foram obtidos dados de temperatura, salinidade e densidade.

II.2.1 Gradiente de Temperatura, de salinidade e de densidade

Segundo o EIA, foi escolhido um ponto de grade considerado na região central dos 6 blocos, que poderia representar a área inteira de interesse. Esse ponto utilizou dados de 0,25º da página National Oceanographic Data Center (NODC)/NOAA, disponíveis na página https://www.nodc.noaa.gov/OC5/woa13/woa13data.html

Os dados históricos estão disponíveis por períodos decenais, desde 1955. Os dados levantados no PCR-SEAL, fig. 22, pg. 49, do documento **(5),** e das 15 estações, Figuras 7 a 21, das páginas 41 a 48 do documento **(5)**, selecionadas para coleta de água, estão de acordo com os dados das Figuras 51 e 52, pg. 317 do documento **(1)**.

II.2.2 Temperatura da Superfície do Mar - TSM

Além do que já foi comentado no capítulo acima, cabe destacar alguns outros pontos do EIA sobre TSM.

Para o estudo da variabilidade sazonal da temperatura da superfície do mar (TSM), foram utilizados dados do produto satelital do JPL-MUR (Jet Propulsion Laboratory - Multi-scale Ultrahigh Resolution). O produto, que cobre todo o globo e possui uma resolução relativamente alta (~ 1 km), é oferecido diariamente, resultando da combinação de vários sensores infravermelhos e micro-ondas, além de dados in situ. Este produto oferece dados TSM relativamente precisos, com um erro médio de cerca de 0,6ºC em tempo quase real. Mais informações podem ser obtidas no site do projeto (https://mur.jpl.nasa.gov) e nas publicações (ARMSTRONG et al., 2012, CHIN et al., 2017). Fonte: página 342 do documento **(1)**.

A grande vantagem do uso do sensoriamento remoto para obter dados de temperatura é que, devido à alta sensibilidade dos sensores em operação, pequenas variações em grandes áreas podem ser capturadas, principalmente quando comparadas aos resultados obtidos a bordo dos navios (SOUZA et al., 2005).

As séries temporais de TSM obtidas na área dos blocos (11,25ºS e 36ºW) operadas pela ExxonMobil durante todo o período de dados mostram variações sazonais em geral de 26ºC (inverno) a 29ºC (verão). Existe também uma variabilidade interanual e, durante todo o período analisado, foram observadas temperaturas variando abaixo de 25ºC e até quase 30ºC.

As estatísticas básicas compiladas para esta série temporal são apresentadas na Tabela 24. A TSM mínima nos 14 anos analisados foi de 24,71ºC e a máxima de 29,62ºC.

II.2.3 Correntes Marítimas

No caso do campo de correntes, o empreendedor utilizou um ano de dados do modelo Regional Ocean Modeling System (ROMS), resultantes de uma modelagem regional elaborada pela PROOCEANO. As condições de contorno usadas no modelo de menor área e maior resolução (ROMS) foram extraídas de um modelo de maior área e menor resolução rodado previamente para um ano de dados de correntes (MyOcean). O ano de 2013 foi escolhido por ser o mais recente na série de dados utilizada nesta análise e por **não** ser um ano de anomalia climática, como *El-Niño* ou *La-Niña, segundo a* NWS/NCEP, o que alteraria o padrão de circulação.

O ponto da grade 10,99ºS e 36,29ºS, pg. 371 do documento **(1)**, foi escolhido para o Modelo ROMs. O modelo possui resolução espacial de 1/24º e resolução temporal de 2 h.

Os campos de correntes médias sazonais são plotados para os níveis de profundidade de 0, 100, 500, 1000 e 2000 m e representam as estações médias para o ano de 2013, considerado um ano representativo. Fonte: Pg.361 a 370 do Arquivo EIA_SEAL_Parte_I.pdf. As Rosas de corrente superficiais estão nas páginas 372 e 373, a série temporal de velocidade das correntes de superfície na página 374, os gráficos vetoriais na página 375 e a média, mínima e máxima, 1° e 3° quartis mensais na página 376.

Através dos mapas de correntes de superfície (página 361), pode-se ver que a região é claramente influenciada pela Corrente Sul Equatorial e sua bifurcação. Existe uma clara variabilidade sazonal, com o fluxo na área dos blocos e na região na plataforma continental **tendendo para o sul durante a primavera e o verão**. **Durante o outono e o inverno**, a tendência do fluxo vindo do leste é girar **em direção ao norte**. As correntes médias da superfície são próximas a 0,5 m/s e mais fortes nas estações do outono (norte) e primavera (sul).

Os perfis de temperatura, salinidade e densidade com a profundidade identificam 4 massas d'água: Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN). O EIA ainda informa que, de acordo com Castro & Miranda (1998), espera-se encontrar Água de Mistura (AM), a que apresenta salinidade variando entre 34 psu e 36 psu e temperatura acima de 18° C. A massa de água é formada a partir da mistura entre TW e águas costeiras. Fonte: pg.345 do documento **(1)**. Outros pontos de destaque do EIA:

De 100 a 1000 m de profundidade, podemos ver um fluxo mais definido para a direção norte/nordeste, relacionado à SNB. A 100 m de profundidade (Figura 94 e Figura 95), é evidente uma variabilidade sazonal associada à bifurcação da Corrente Sul Equatorial e à formação da SNB.

No verão e principalmente na primavera, a SNB ainda não está totalmente organizada na área de Blocos, sendo mais intensa nas regiões ao norte da Bacia.

A 500 m de profundidade (Figura 96 e Figura 97) a SNB está totalmente organizada perto da região dos Blocos, sem variação sazonal. A 1000 m de profundidade (Figura 98 e Figura 99) o fluxo para o norte ainda está presente, mas muito mais fraco.

A 2000 m (Figura 100 e Figura 101), o fluxo reverte para o sul devido à Corrente de Fronteira Profunda

que leva a APAN para o sul.

II.3. Modelagem Hidrodinâmica

Na modelagem de dispersão de óleo, foram realizadas simulações probabilísticas e determinísticas para um vazamento contínuo (durante 30 dias) de um volume de pior caso, equivalente a 238.480,9 m³ (7.949,4 m3/dia), que corresponde a um *blowout* do poço. Foram também simulados, vazamentos instantâneos de pequeno (8m³) e médio volume (200m³) (PROOCEANO, 2019). Para todos os casos simulados, a deriva do óleo foi acompanhada por 30 dias conforme estabelece a Resolução CONAMA nº 398/08.

II.3.1 Validação do Modelo Hidrodinâmico

As correntes marítimas contribuem preponderantemente para a dispersão do óleo. Responde por 96%. Os ventos respondem por outros 4%. O vetor resultante, então, é a soma vetorial das correntes e dos ventos.

Interessante notar também que o EIA cita o lançamento de 10 derivadores para validar o modelo e os resultados são os seguintes: os três pontos de lançamento mais próximos no período de verão, os tempos de chegada na costa são mais próximos do que a campanha de inverno. Por exemplo, na cidade de Jandaíra, estado da Bahia, o derivador 06 chegou entre 5 e 10 dias, enquanto a modelagem mostrou o tempo mínimo de 3,6 dias. O EIA informa que “Esse resultado comparativo é esperado, uma vez que a modelagem representa o tempo mínimo de chegada em centenas de situações de correntes e ventos, enquanto o derivador é apenas um caso específico, sendo coberto pelo resultado probabilístico.”

O IBAMA utilizou um software chamado GNOME/NOAA, disponível em https://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/oil-spills/response-tools/gnome.html.

O GNOME disponibiliza dados oceanográficos Globais de correntes em 1/12º de Modelo HYCOM (https://gnome.orr.noaa.gov/goods/currents/HYCOM/subset) e dados de ventos (https://gnome.orr.noaa.gov/goods/currents/GFS/subset) do Sistema de Previsão NCEP. Na página https://gnome.orr.noaa.gov/goods/tools/GSHHS/coast_subset é possível também gerar um mapa da costa. A batimetria pode ser considerada. Na simulação com GNOME, a batimetria não foi considerada. Sendo assim, a modelagem para o vazamento de pior caso não foi considerada.

Obviamente, não é um modelo tão sofisticado quanto o OSCAR, mas permite rapidamente observar o campo de correntes e de ventos a cada passo de simulação para acompanhar a dispersão do óleo, configurando algumas poucas informações.

As Figuras beta e gama apresentam o campo de correntes na superfície e o de ventos, respectivamente, na dispersão do óleo, ajustado para o tempo inicial. Conforme o tempo passa, o campo de correntes e de ventos também muda, durante determinado período de tempo considerado. Neste caso, de 29 de agosto de 2020, às 12:00, até 11 de setembro de 2020, à meia-noite. O período selecionado para simular com GNOME foi considerado por estar na Estação Inverno, o período que pode oferecer maior impacto à costa.
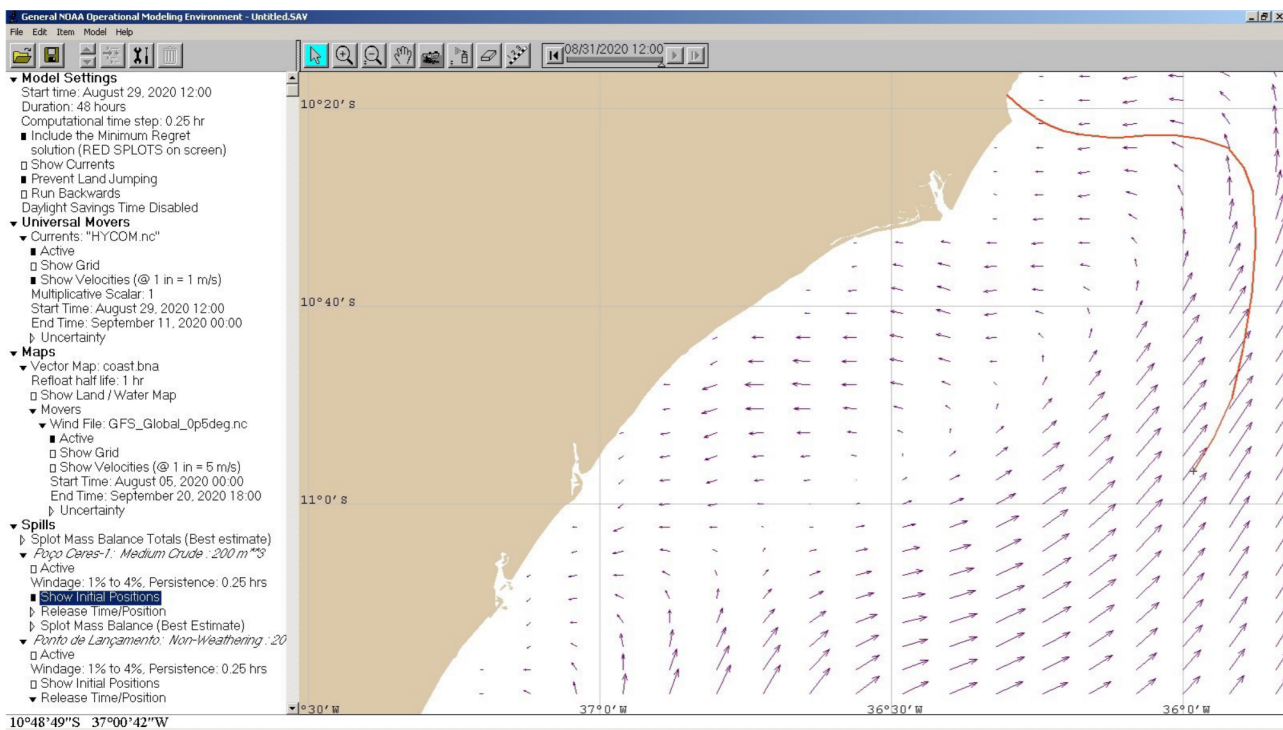
Figura Beta: Modelo Global de Correntes na Área Considerada. Cada vetor está representado na grade de 1/12º. Em vermelho está indicado o trajeto mais provável do óleo, considerando as condições de correntes e de ventos.
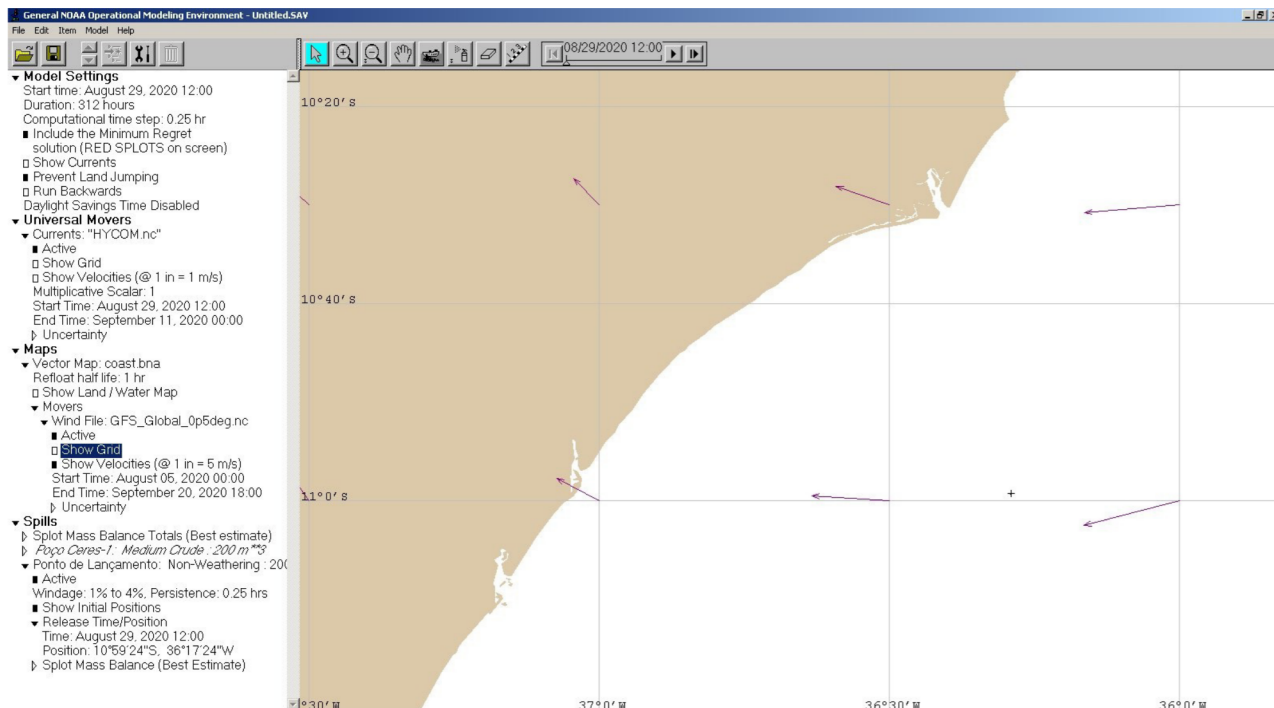
Figura Gama - Campo de Ventos Superficiais no Tempo Inicial do Período Considerado.

Repare que para o Campo de Ventos (Figura Gama), há um vetor para cada 0,5º grau de longitude e de latitude. Daí a importância de realizar um modelo regional (ROMS), que adense a malha para a área de interesse.

O mesmo vale para o Campo de Correntes (Figura Beta) que, utilizando o Modelo Global, consiga adensar a malha para 1/24º para capturar as especificidades dos dados de corrente e de vento.

II.4 Modelagem da Dispersão do Óleo

Os resultados da modelagem de dispersão de óleo no mar (PROOCEANO, 2019) apontam a existência de 63 municípios costeiros em cinco estados brasileiros (PB, PE, AL, SE e BA), com probabilidade de toque na costa igual ou superior a 30% e/ou com tempo de chegada de óleo na costa igual ou inferior a cinco dias. Os 63 municípios apontados apresentam ecossistemas naturais e recursos biológicos relevantes e são considerados na Área de Estudo da atividade em foco.

Interessante realçar que o EIA apresenta Tabelas comparativas por cidade de cada estado, com as probabilidades, tempo de toque, a massa na costa e a extensão, para os dois períodos. E, nessa tabela, é possível ver que o tempo mínimo de toque é na costa do município de Piaçabuçu (2,4 dias) no período de inverno e na Barra dos Coqueiros (3,0 dias) no período de verão. Pela tabela, é possível calcular a massa total na costa. Maceió, com 40,1 t/Km de presença de óleo em 79Km de costa, acumula um total de 3.167 toneladas. Lembrando que, na mesma tabela, é possível verificar que o óleo chegará em 3,6 dias a Maceió no período de Inverno, se esse vazamento não for contido, ou ainda, que não seja recolhido o óleo ao chegar à superfície.

O IBAMA solicitou esclarecimentos sobre os resultados da Tabela 12 (pg. 237) e 14 (pg. 248) do documento **(3)**. O empreendedor esclareceu que o valor da Tabela 12 representa o trecho da costa do município que teve maior valor de massa por comprimento, não representando a costa com uma única porção.

Cada ponto da grade equivale a um quadrado de aproximadamente 150m de lado.

O IBAMA utilizou o software ADIOS2 para estimar o comportamento do óleo no mar após o vazamento e o balanço de massa, com as frações evaporadas, dispersas e remanescentes. Levou-se em consideração, por questões conservadoras, que o empreendedor não conseguiria acionar seu Plano de Resposta a tempo e que formaria emulsão. O Dimensionamento da Capacidade de Resposta, do PEI será objeto de análise de outro parecer.

Embora mais simplificado que a simulação realizada com o OSCAR pela, ProOceano, o software permite rapidamente identificar se os resultados da simulação estão coerentes com o tipo de óleo utilizado. Nesse caso, não é levado em consideração as condições meteorológicas e oceanográficas.

Algumas considerações precisaram ser feitas, como o tipo de óleo (densidade, viscosidade dinâmica e curva de destilação).

As características do óleo utilizado nas simulações e descritas no EIA, Tabela 3 do documento **(3)**, são iguais às descritas no EIA/RIMA de Farfan Águas Profundas, situado no Bloco SEAL-M426, da Petrobras.

Considerando tratar-se do mesmo Óleo Sergipe Submarino, as características são as seguintes: densidade (36,2 º API @ 60ºF ou 0,844 g/cm @ 315,55ºC), densidade dinâmica (16 cP @ 13º C) e ponto de fluidez (-12ºC). A Curva de Destilação também está descrita na Figura abaixo, como arquivos de entrada do ADIOS2:

Figura Delta – Parâmetros do ADIOS2.

Na simulação com ADIOS2 (Figura Epsilon), a partir do derramamento pequeno e instantâneo de 8m3 (50,3 bbl) na superfície do mar, aproximadamente 4,0 m3 se evaporam ao final de 5 dias (50%); 0,96 m3 se dispersam (12%) e o restante fica remanescente na coluna d'água (38%). Após 1 hora, 43% do óleo evaporam. Alterando o ponto de fluidez, altera significativamente a fração evaporada. O ponto de fluidez considerado é mais conservador.

Na simulação com OSCAR, para o Período 1, sem que houvesse a remoção de óleo, em torno de 69% estariam evaporados ao final de 30 dias; 14% estariam dispersos na coluna d'água, 12% degradados, 4% sedimentados e menos de 1% ficaria remanescente. Fonte: Figura 31, páginas 177 e 178 do documento **(3)**.

Para o Período 2, em torno de 69% estariam evaporados ao final de 30 dias; 3% estariam dispersos na coluna d'água, 9% degradados, 20% sedimentados e menos de 1% ficaria remanescente. Fonte: Figura 34, página 181 do documento **(3)**.

Já para derramamento médio e instantâneo de 200m3 (1.258 bbl) na superfície do mar (Figura Zeta), na simulação com ADIOS2, aproximadamente 84 m3 se evaporam ao final de 5 dias (42%), 6 m3 se dispersam (3%) e o restante fica remanescente na coluna d'água (55%).

Na simulação com OSCAR, para o Período 1, em torno de 70% estariam evaporados ao final de 30 dias; 8% estariam dispersos na coluna d'água, 2% degradados, 19% sedimentados e menos de 1% ficaria remanescente. Fonte: Figura 38, páginas 183 do documento **(3)**.

Para o Período 2, sem que houvesse a remoção de óleo, em torno de 70% estariam evaporados ao final de 30 dias; 2% estariam dispersos na coluna d'água, 8% degradados, 19% sedimentados e menos de 1% ficaria remanescente. Fonte: Figura 42, página 189 do documento **(3)**.

ADIOS2 - [Oil Budget Table]

File Edit Spill Removal Output Help

Solve | Density | Viscosity | Water | Benzene | Budget | Evap | Disperse | Remain | Burn | Skim | Beach

Oil Type
- Ponto de Lançamento - Exxon/SEAL (custom oil)
- Location = Bacia SE/AL
- Synonyms = none listed
- Product Type = crude
- API = 36.2
- Pour Point = -12 deg C
- Flash Point = 35 deg C
- Density = 0.836 g/cc at 27 deg C
- Viscosity = 8.5 cSt at 27 deg C
- Adhesion = unknown
- Aromatics = unknown

Emulsification
- Mousse begins to form when 7% of the oil has evaporated.

Wind and Wave Conditions
- Wind Speed = 9 m/s from 116 degrees
- Wave Height = computed from wind speed, unlimited fetch (default)
- Wind Uncertainty
  - Wind speed = (+/-) 2 m/s

Water Properties
- Temperature = 27 deg C
- Salinity = 37 ppt
- Sediment Load = 5 g/m3 (ocean)
- Current = 0.3 m/s towards 244 degrees

Release Information
- Instantaneous Release
  - Time of Release = August 29, 1200 hours
  - Amount Spilled = 8 cu m

Time Column: Hours | Released Column: cu m | Other Columns: Percent

Oil Name = Ponto de Lançamento - Exxon/SEAL (custom oil)
API = 36.2 Pour Point = -12 deg C
Wind Speed = constant at 9 m/s Wave Height = computed from winds
Water temperature = 27 deg C
Time of Initial Release = August 29, 1200 hours
Total amount of Oil Released = 8 cu m

Hours Into Spill	Released cu m	Evaporated percent	Dispersed percent	Remaining percent
1	8.00	43	7	50
2	8.00	47	10	42
4	8.00	47	12	41
6	8.00	48	12	41
8	8.00	48	12	41
10	8.00	48	12	41
12	8.00	48	12	40
18	8.00	48	12	40
24	8.00	48	12	40
30	8.00	48	12	40
36	8.00	48	12	40
42	8.00	48	12	40
48	8.00	48	12	40
54	8.00	48	12	40
60	8.00	49	12	40
66	8.00	49	12	39
72	8.00	49	12	39
78	8.00	49	12	39
84	8.00	49	12	39
90	8.00	49	12	39
96	8.00	49	12	39
102	8.00	49	12	39
108	8.00	49	12	39
114	8.00	50	12	38
120	8.00	50	12	38

Figura epsilon - Resultado do balanço de massa após 5 dias para 8 m3.

ADIOS2 - [Oil Budget Table]

File Edit Spill Removal Output Help

Solve | Density | Viscosity | Water | Benzene | Budget | Evap | Disperse | Remain | Burn | Skim | Beach

Oil Type
- Ponto de Lançamento - Exxon/SEAL (custom oil)
- Location = Bacia SE/AL
- Synonyms = none listed
- Product Type = crude
- API = 36.2
- Pour Point = -12 deg C
- Flash Point = 35 deg C
- Density = 0.836 g/cc at 27 deg C
- Viscosity = 8.5 cSt at 27 deg C
- Adhesion = unknown
- Aromatics = unknown

Emulsification
- Mousse begins to form when 7% of the oil has evaporated.

Wind and Wave Conditions
- Wind Speed = 9 m/s from 116 degrees
- Wave Height = computed from wind speed, unlimited fetch (default)
- Wind Uncertainty
  - Wind speed = (+/-) 2 m/s

Water Properties
- Temperature = 27 deg C
- Salinity = 37 ppt
- Sediment Load = 5 g/m3 (ocean)
- Current = 0.3 m/s towards 244 degrees

Release Information
- Instantaneous Release
  - Time of Release = August 29, 1200 hours
  - Amount Spilled = 200 cu m

Time Column: Hours | Released Column: cu m | Other Columns: Percent

Oil Name = Ponto de Lançamento - Exxon/SEAL (custom oil)
API = 36.2 Pour Point = -12 deg C
Wind Speed = constant at 9 m/s Wave Height = computed from winds
Water temperature = 27 deg C
Time of Initial Release = August 29, 1200 hours
Total amount of Oil Released = 200 cu m

Hours Into Spill	Released cu m	Evaporated percent	Dispersed percent	Remaining percent
1	200	22	1	78
2	200	29	2	69
4	200	37	2	61
6	200	39	3	59
8	200	39	3	58
10	200	40	3	58
12	200	40	3	58
18	200	40	3	57
24	200	40	3	57
30	200	40	3	57
36	200	40	3	57
42	200	40	3	57
48	200	40	3	57
54	200	40	3	57
60	200	41	3	57
66	200	41	3	57
72	200	41	3	56
78	200	41	3	56
84	200	41	3	56
90	200	41	3	56
96	200	41	3	56
102	200	41	3	56
108	200	41	3	56
114	200	42	3	56
120	200	42	3	55

Figura zeta - Resultado do balanço de massa após 5 dias para 200 m3.

No caso de vazamento de pior caso, foi considerado evento de blowout (descontrole do poço) por vazamentos contínuos no fundo marinho de 30 dias por um orifício de 8,681 polegadas(~220 mm) - informação da contratante). Volume total de 238.480,9 m3.

Nesse caso, não foi feita a simulação com ADIOS2, pois não foi possível carregar os dados de batimetria nem de correntes marítimas a várias profundidades.

Na região de blowout na boca do poço, o óleo e os gases associados ao óleo são pouco afetados pelas correntes. A esse modelo dá-se o nome de Modelo Analítico de Campo Próximo, normalmente descrito por uma equação empírica, diferente do Modelo de Campo Afastado, descrito por um modelo lagrangeano. O EIA não descreve esse modelo empírico. Porém, o tempo mínimo para o óleo chegar até a superfície é de 5 horas. Fonte: pg. 224 do documento **(3)**.

Na velocidade de ascensão das gotículas, a partir da boca do poço, fatores como correntes, turbulência vertical e estratificação vertical de densidade são considerados, além do tamanho das gotículas. Diâmetros inferiores a 0,5 mm, precisam de aproximadamente 1 dia para chegar a superfície. Na mesma situação, gotículas maiores, com diâmetro maiores que 5 mm, podem chegar a superfície em algumas poucas horas, enquanto que partículas menores do que 1.000 µm podem ficar retidas na coluna d'água por grandes períodos antes de chegarem a superfície.

As condições ambientais de maior profundidade (alta diferença de pressão e baixa temperatura) na

boca do poço permite a coexistência de diversas fases, entre elas gases, partículas em suspensão, óleos e hidrocarbonetos sólido-cerosos que impactam o sedimento e os organismos.

Para o vazamento de 8 m3, a conclusão foi que "não há probabilidade de chegada de óleo na costa, porém o óleo em superfície pode se aproximar a uma distância menor que um ponto de grade (2 km) do município de Estância/SE. Em relação às Unidades de Conservação, há probabilidade de chegada em apenas uma, a APA da Plataforma Continental do Litoral Norte, com menos de 1%, e tempo mínimo de 3 dias."

Para vazamento de 200 m3, e no Período 2, a conclusão foi que "não há probabilidade de chegada de óleo na costa, porém o óleo em superfície pode se aproximar a uma distância menor que um ponto de grade (2 km) do município de Maceió – AL em uma das 270 simulações. Em relação às Unidades de Conservação, há probabilidade de chegada em apenas uma, a APA Costa dos Corais, com menos de 1%, e tempo mínimo de 4,8 dias."

Na simulação com GNOME, após 1 dia (Figura eta), o óleo atinge a costa, na Reserva Biológica de Santa Isabel, em Sergipe (figura 6a). Após 2, 3 e 5 dias, o resultado final está representado nas figuras theta, iota e kappa.
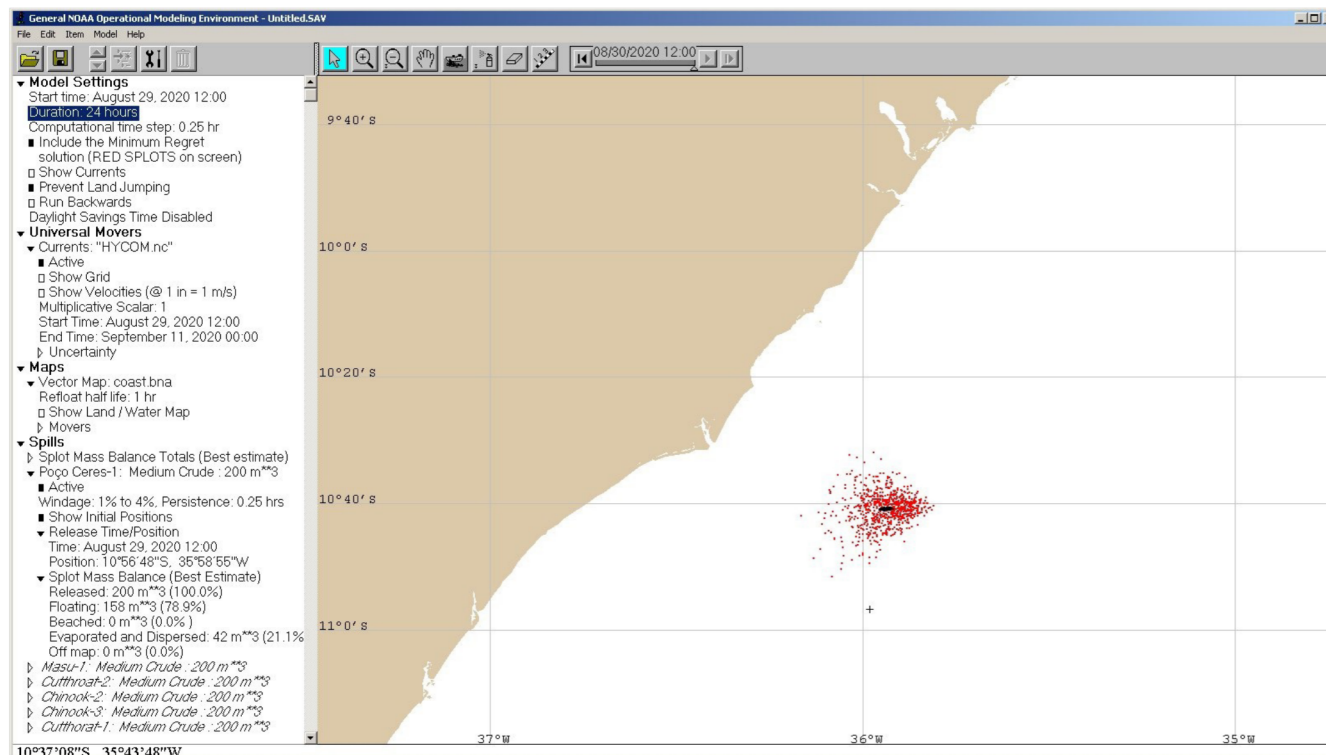
Figura eta - Resultado após 1 dia no ponto de lançamento (Ceres-1).
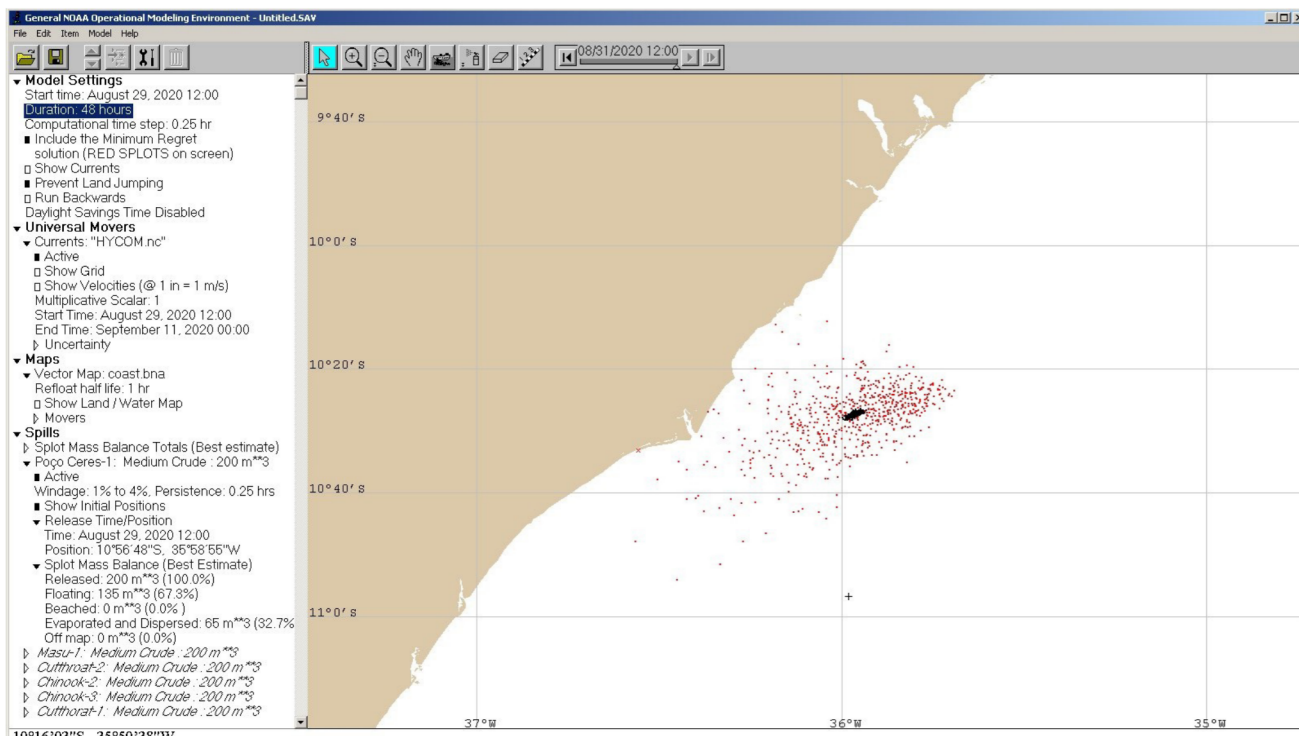
Figura theta - Resultado após 2 dias no ponto de lançamento (Ceres-1).
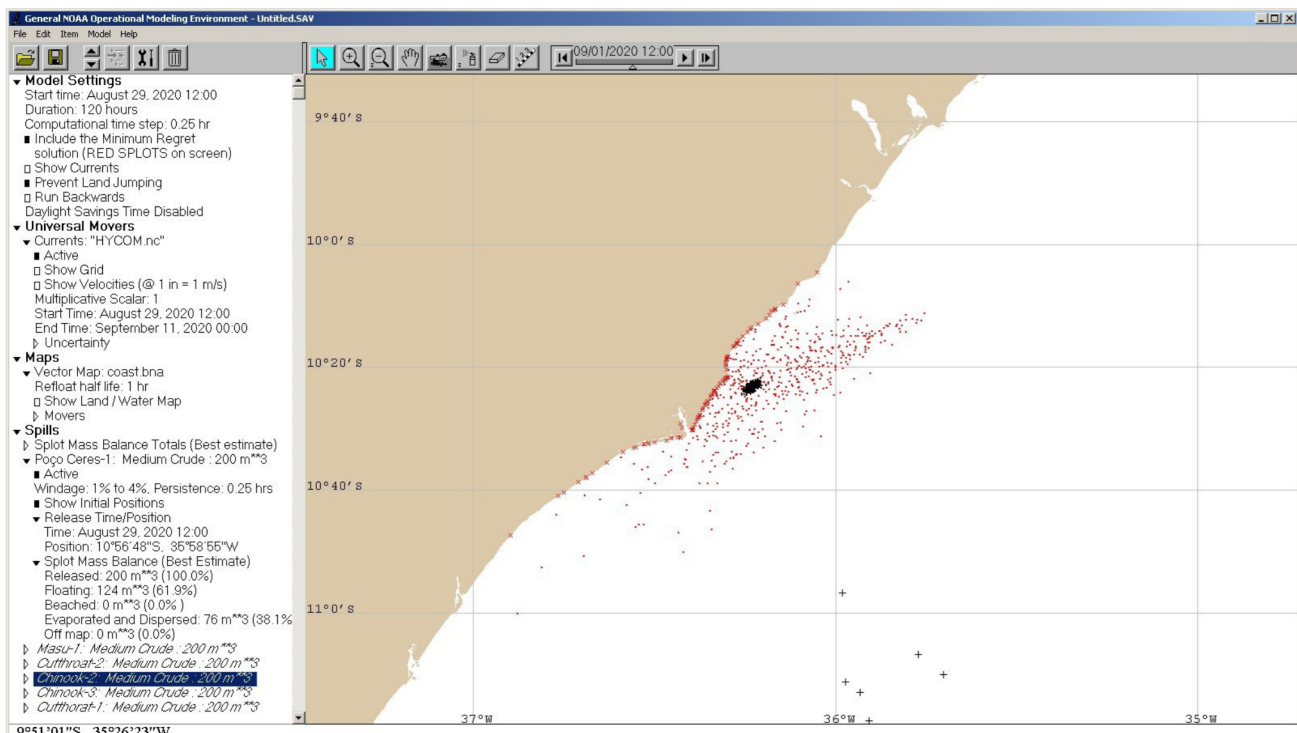
Figura iota - Resultado após 3 dias no ponto de lançamento (Ceres-1).
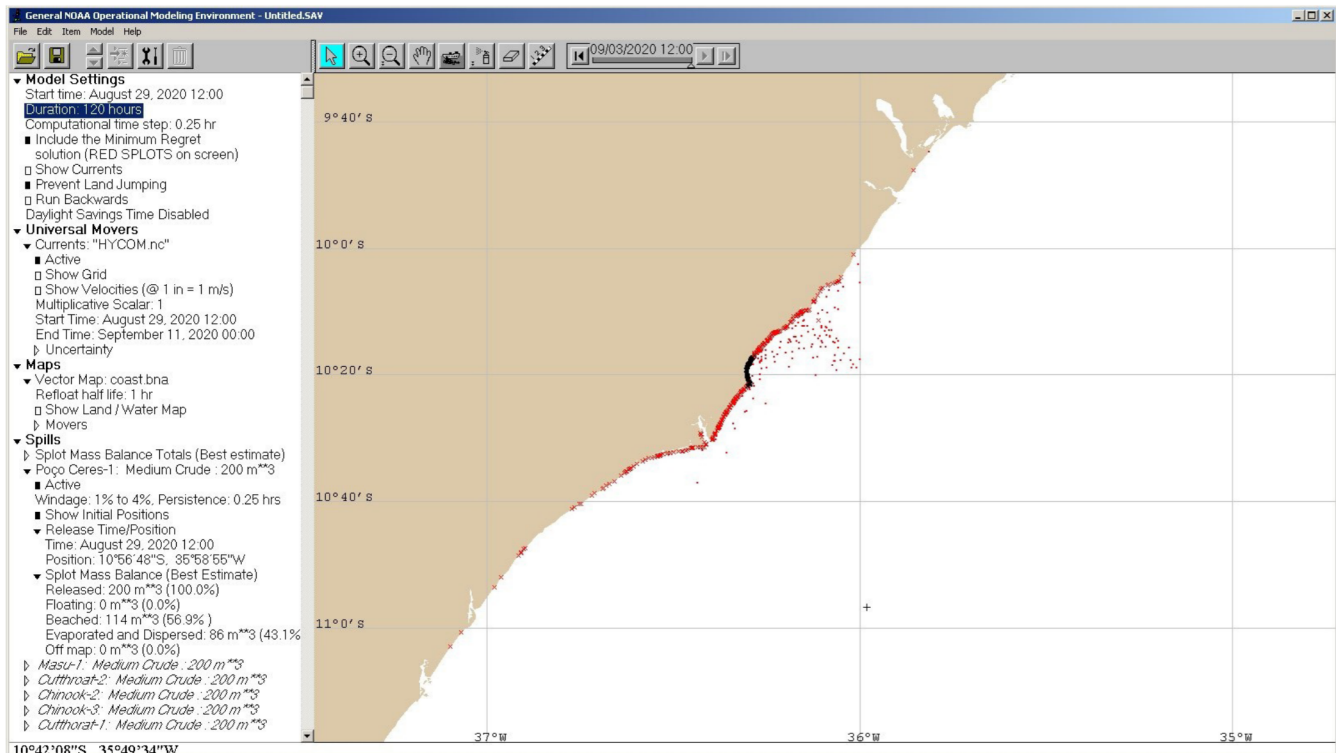
Figura kappa - Resultado após 5 dias no ponto de lançamento (Ceres-1).

A mesma situação foi feita para o poço Masu-1 (o mais distante). Neste caso, o óleo atinge a costa em 3 dias (Figura lambda), e ao final de 13 dias (Figura mu) quase todo o óleo já atingiu a costa e um fração pequena permanece na coluna d'água.
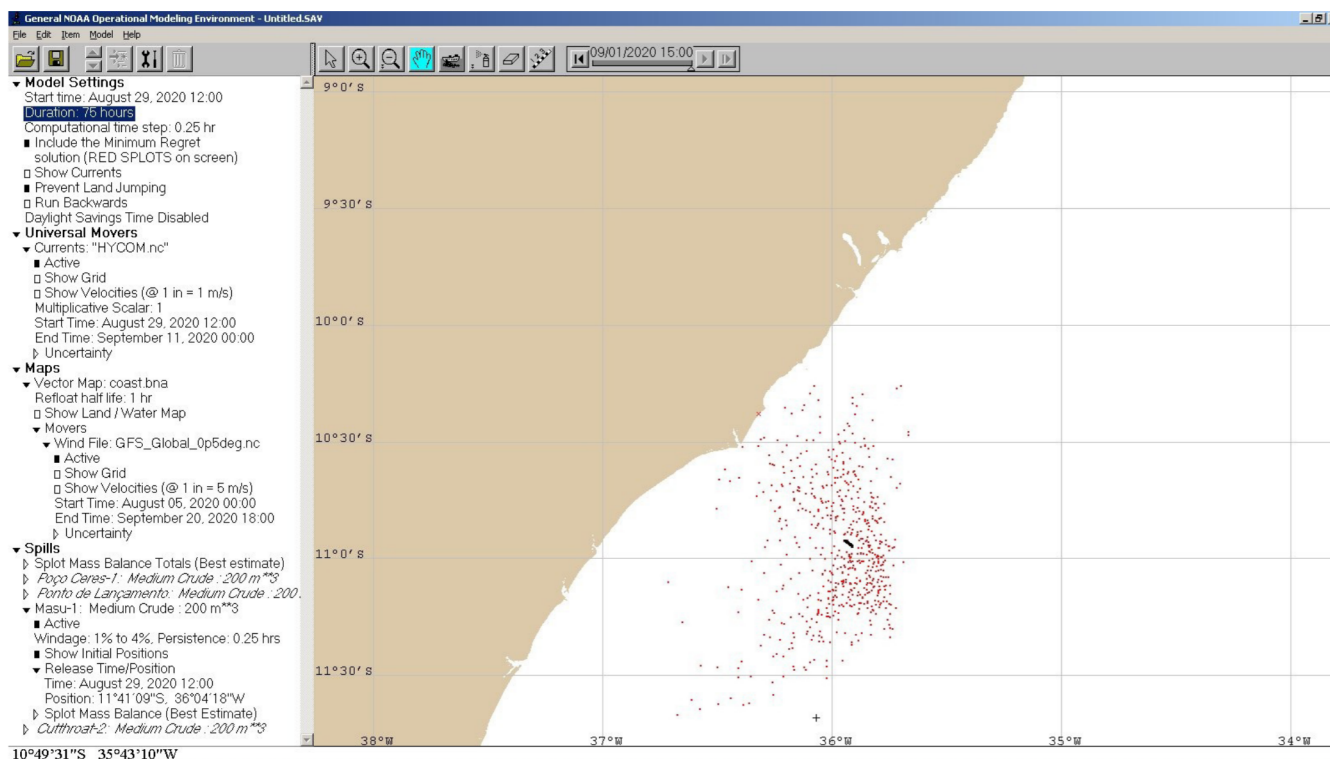
Figura lambda - Resultado após 3 dias com toque do Masu-1.
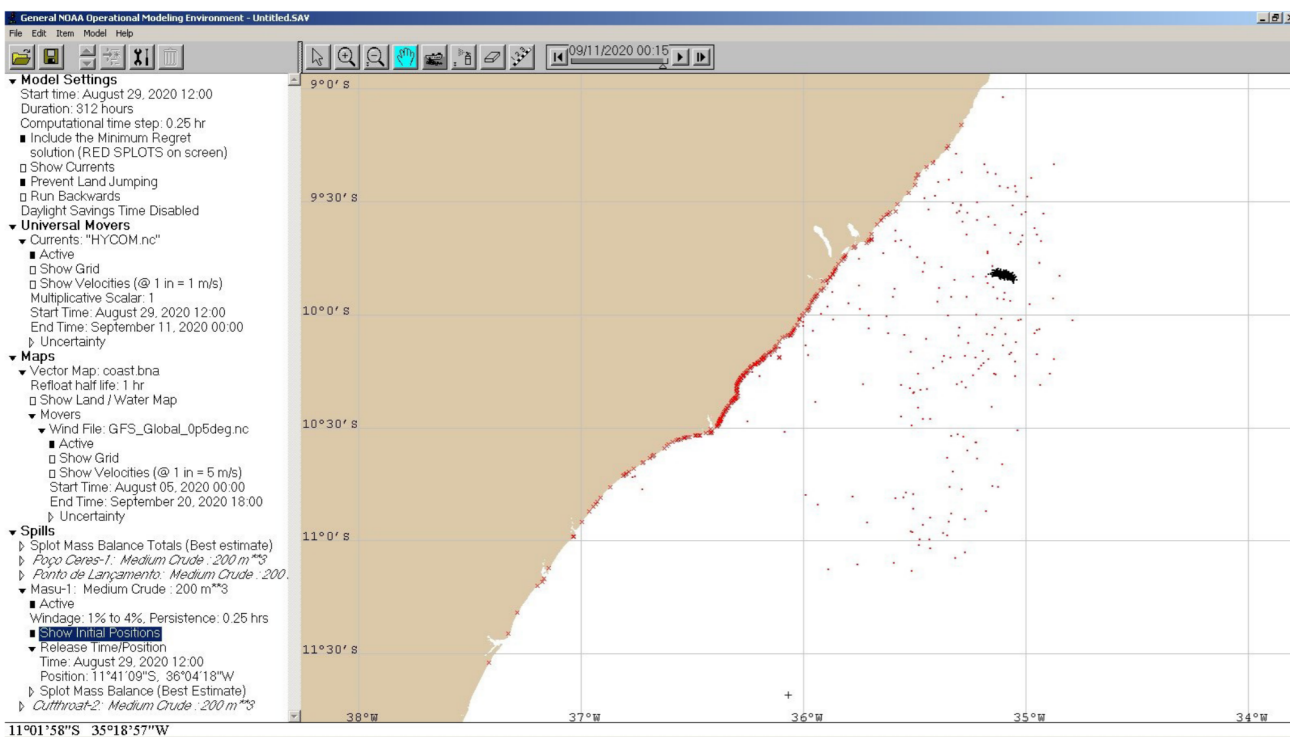
Figura mu - Resultado após 13 dias com toque do Masu-1.

Para vazamento de pior caso, o EIA apresenta a Tabela II.4 – 3 com os resultados da simulação (Probabilidade, em % de óleo e tempo mínimo, em dias de chegada de óleo nas Unidades de Conservação com possibilidade de serem atingidos). Fonte: página 146 do documento **(1)**.

Os resultados da modelagem de dispersão de óleo referentes às Unidades de Conservação indicam 41 UCs, com recursos biológicos relevantes, passíveis de serem atingidas por um vazamento de pior caso, com probabilidade de toque igual ou superior a 30% e/ou tempo mínimo de toque igual ou inferior a cinco dias.

Alguns destaques são o estuário do Rio Sergipe e do Rio São Francisco. Foi feita uma avaliação detalhada nesses rios. Os outros estuários seriam: Rio Japaratuba, Rio Vaza-Barris e o Complexo Estuarino Piauí/Fundo/Real. O Rio São Francisco, na divisa de Alagoas e Sergipe; o Rio Sergipe, na área urbana de Aracaju; o sistema Vaza-Barris, com os rios Vaza-Barris e Santa Maria; e o sistema Pontal, que congrega os rios Piauí e Real, na divisa de Sergipe e Bahia. Todos englobados na Área de Estudo.

II.4.1 Modelagem nos Estuários

Os dados considerados na modelagem do óleo em estuários estão na página 424 do documento **(4)**, usando o Modelo SysBahia. No caso de estuários, uma das variáveis consideradas foram as marés. Segundo o EIA, realizou-se um período de modelagem de 1 ano (2013) com input de dados de vento a cada 6 horas, dado de elevação da superfície livre a cada 2 horas e dado de aporte fluvial mensal, contemplando assim a variabilidade do vento, da elevação da superfície livre e do aporte fluvial. Devido à falta de dados para compor um mapa faciológico completo do domínio, foi utilizado um valor único de rugosidade de fundo, representativo para a classe de areia fina.

II.4.1.1 Rio Sergipe

Uma probabilidade de até 50-60% de presença de óleo em superfície dentro do Rio Sergipe, adentrando até cerca de 3 Km a partir da desembocadura. As probabilidades de toque nas margens do rio são no máximo entre 50-60% no município de Barra dos Coqueiros – SE e de 40-60% em Aracaju. Fonte: Figuras 74 e 75. pg. 226 e 227 do documento **(4)**.

O tempo mínimo de chegada do óleo na costa no Rio Sergipe foi de 5 a 10 dias mais próximo à desembocadura no município de Barra dos Coqueiros – SE e maior que 20 dias nos municípios mais internos. Fontes: Figuras 76 e 77. pg. 228 e 229 do documento **(4)**.

O acúmulo de massa foi maior dentro do estuário do que no restante da costa neste período e os maiores valores foram observados na margem do rio em que estão os municípios de Aracaju – SE e Nossa Senhora do Socorro – SE, chegando a mais de 100 t/Km. Fonte: Figura 78. pg. 230 do documento **(4)**.

II.4.1.2 Rio São Francisco

Probabilidades acima de 30% alcançam uma extensão de até 9 Km para dentro do rio, a partir da entrada. Nas margens do rio, a probabilidade de toque é entre 90-100% nos municípios de Piaçabuçu – AL e Brejo Grande – SE. Fontes: Figuras 79 e 80. pg.232 e 233 do documento **(4)**.

Os menores tempos de chegada de óleo na costa às margens do Rio São Francisco são de menos de 3 dias próximo à desembocadura nos municípios de Brejo Grande e Piaçabuçu. Fonte: Figuras 81 e 82. pg.234 e 235 do documento **(4)**.

Nota-se que na costa dentro do Rio são Francisco, os valores de massa acumulada são maiores que fora do rio, com valores acima de 100 t/Km Piaçabuçu – AL e, principalmente, em Brejo Grande – SE. Fonte: Figura 83. pg. 236 do documento **(4)**.

A PROceano refez a modelagem do incurso do óleo no estuário do rio São Francisco, com base no documento apresentado pela Sociedade Canoa de Tolda (SEI 10361904).

Segundo a Sociedade, a partir de 2013, "as vazões defluentes do rio São Francisco tiveram alteração devido à autorizações especiais concedidas. Ademais, em 2017, a Autorização Especial IBAMA 012/2017 possibilitou defluências da UHE Xingó da ordem de 550 m³/s.", em vez de 1.300 m³/s. ***(7)***

A empresa respondeu que "os resultados obtidos, de uma forma geral, mostram que com a diminuição da vazão a maré torna-se ainda mais predominante", e que "mais distante da foz, na altura do município de Penedo, ainda é possível observar o sinal da maré na série, indicando que a região se encontra na zona de oscilação de níveis d'água, com inversões de corrente somente em períodos de sizígia (Figura 2b). ***(9)***

O IBAMA não se propõe a refazer a modelagem matemática utilizando o mesmo software SysBahia. As condições iniciais e de contorno do Modelo Oscar precisam ser utilizados no Modelo SysBahia para modelar os estuários. A figura (1) indica que a área da foz modelada é de 35 x 50 Km, dividida em "elementos finitos". ***(9)***

Com relação à inclusão do Canal de Parapuca, a Barra da Faísca e a Barra das Araras na modelagem, a empresa esclarece que "ao cruzar os resultados e probabilidade de presença de óleo na costa com a localização do canal, é visto que para o vazamento de pior caso a barra das Araras tem 98,5% de probabilidade de presença de óleo no Período 2, enquanto a barra do Costinha/Faísca tem o 100% de probabilidade no mesmo período. Assim, é possível arguir que uma vez que aconteça tal cenário de vazamento e não haja ações de resposta, haveria uma alta probabilidade do Canal da Parapuca ser afetado pelo óleo." ***(8)***

Ainda acrescenta que "ao cruzar os resultados e probabilidade de presença de óleo na costa com a localização do canal, é visto que para o vazamento de pior caso a barra das Araras tem 98,5% de probabilidade de presença de óleo no Período 2, enquanto a barra do Costinha/Faísca tem o 100% de probabilidade no mesmo período. Assim, é possível arguir que uma vez que aconteça tal cenário de vazamento e não haja ações de resposta, haveria uma alta probabilidade do Canal da Parapuca ser afetado pelo óleo." E que os resultados da modelagem na forma de "mapas de probabilidade de presença de óleo, tempo mínimo e massa máxima para o vazamento de 238.480,9 m³, encontram-se das Figura 5 a Figura 9. São apresentados até um raio de 3,5 km (distância equivalente a um ponto da grade de escala regional) a partir da boca do rio São Francisco. Este limite é indicado pelo contorno em roxo nos mapas." ***(9)***

III. CONCLUSÃO

A modelagem conseguiu apresentar conformidade com os dados de correntes e de vento, próximos à costa, e de marés, nos estuários dos rios, de modo a validar o estudo e a hidrodinâmica. Desde que os dados das características do óleo presumido, utilizados na modelagem, estejam de acordo com os dados reais do óleo a ser encontrado no bloco, pode-se validar a modelagem do balanço de massa ao final do tempo considerado para sua dispersão e toque na costa. Quaisquer valores que divergirem do estudo de modelagem, a empresa deve relatar ao Ibama para considerações.

Respeitosamente,